

# LIGHT WAVEGUIDE PATH TYPE SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

Publication number: JP10041582

Publication date: 1998-02-13

Inventor: TAGUCHI AYUMI

Applicant: SONY CORP

Classification:

- International: H01S5/00; H01S5/10; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18; H01S3/085

- european:

Application number: JP19960194980 19960724

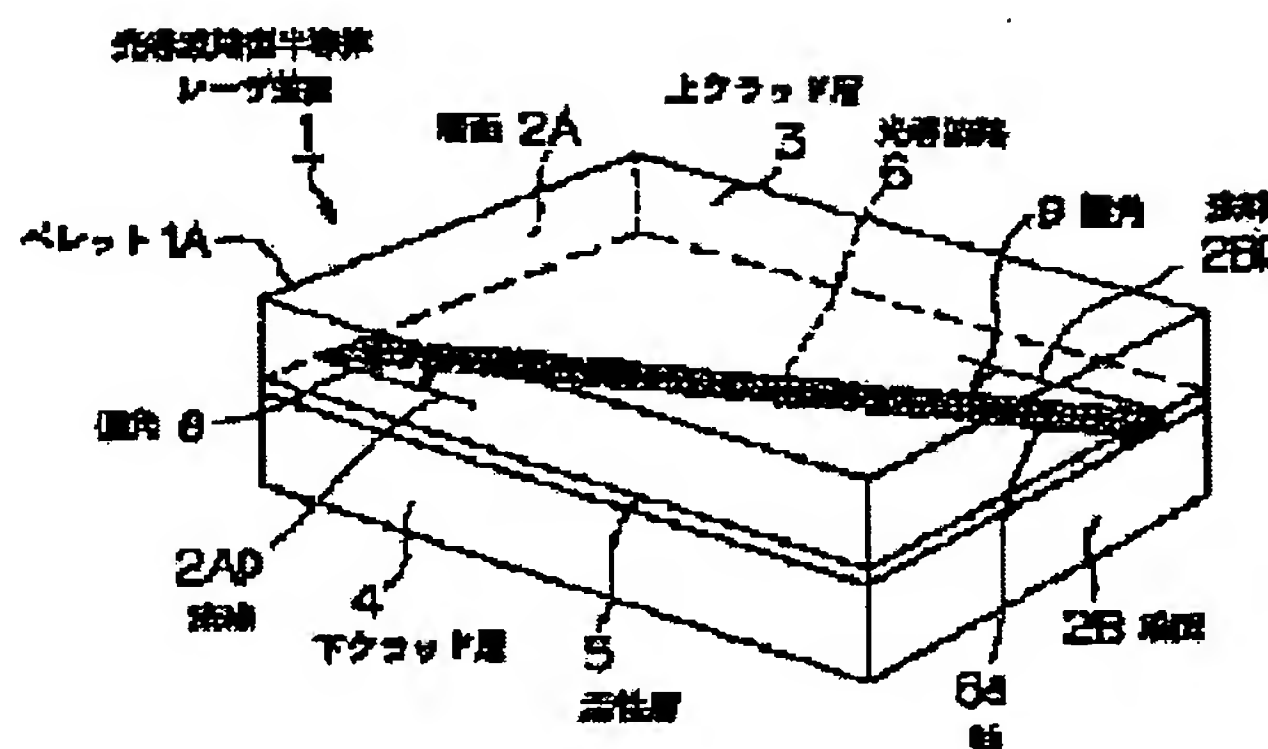
Priority number(s): JP19960194980 19960724

Report a data error here

## Abstract of JP10041582

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light waveguide path type semiconductor laser device in which the oscillatory laser beam in lateral fundamental mode is dominant and which is excellent in symmetry of distribution and unimodality and in which the light damage resistance at high-output operation is raised.

**SOLUTION:** This semiconductor laser device has constitution of end face light emission where a resonator is composed of both end faces 2A and 2B in contact with both ends of a light waveguide path 6, being equipped with a stripe-shaped light waveguide path 6 in a pellet A. In this case, at least, one hand out of each angle that the axis 6a of the light waveguide path 6 and the normals 2Ap and 2Bp of each end face 2A and 2B form is composed of an angle of deviation  $\theta$  where the reflection efficiency in lateral fundamental mode at each end face 2A and 2B of the oscillatory laser beam is larger than the reflection efficiency in lateral higher-order mode including, at least, a lateral primary mode.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開平10-41582  
(43)公開日 平成10年(1998) 2月13日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/18		H 0 1 S	3/18
	3/085			3/08 S

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 11 頁)

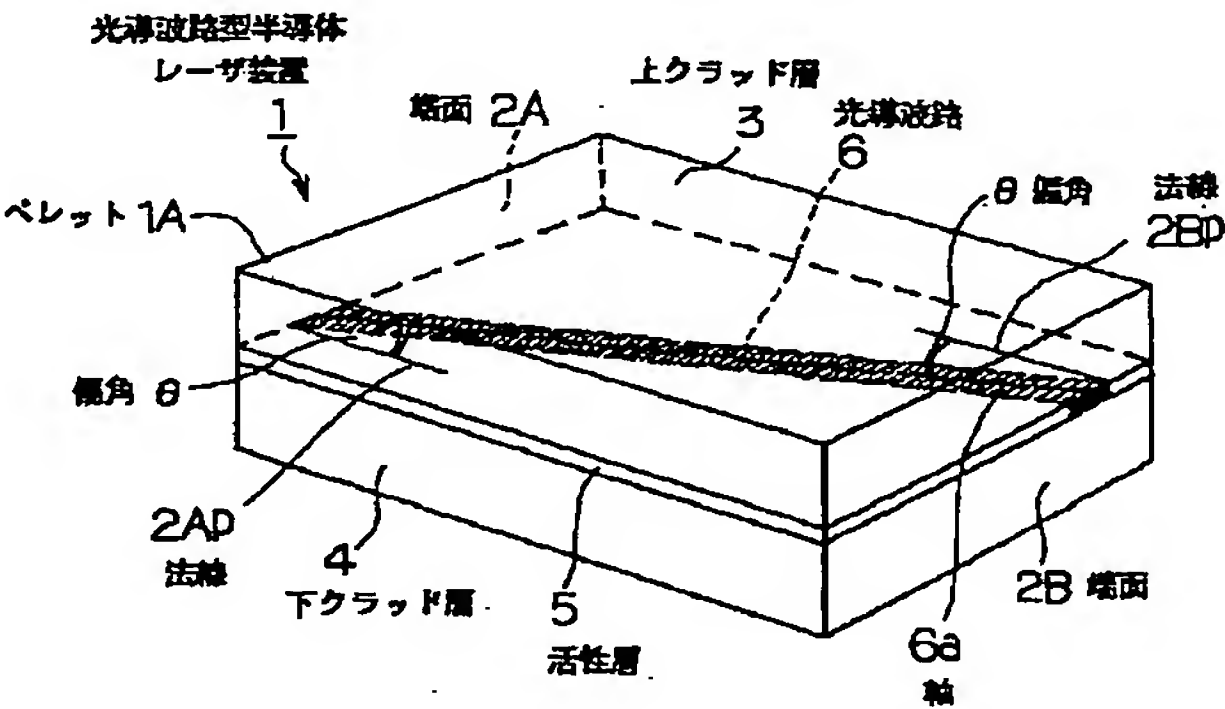
(21)出願番号	特願平8-194980	(71)出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22)出願日	平成8年(1996) 7月24日	(72)発明者	田口 歩 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ ー株式会社内

(54)【発明の名称】 光導波路型半導体レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 横基本モードの発振レーザ光が支配的で、分布の対称性および単峰特性に優れ、高出力動作時の光損傷耐性が改善された光導波路型半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 半導体レーザ装置を構成するペレット1A中にストライプ状の光導波路6を備え、光導波路6の両端に接する両端面2A、2Bにより共振器が構成された端面発光構成の光導波路型半導体レーザ装置において、光導波路6の軸6aと各端面2A、2Bの法線2Ap、2Bpとがなす各角度のうち少なくとも一方を、発振レーザ光の各端面2A、2Bにおける横基本モードの反射効率が少なくとも横1次モードを含む横高次モードの反射効率よりも大である、偏角θで構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザ装置を構成するペレット中にストライプ状の光導波路を備え、前記光導波路の両端に接する前記ペレット両端面2A、2Bにより共振器が構成された端面発光構成の光導波路型半導体レーザ装置1において、

前記光導波路6の軸と前記各端面の法線とがなす各角度のうち少なくとも一方を、発振レーザ光の前記各端面における横基本モードの反射効率が少なくとも横1次モードを含む横高次モードの反射効率よりも大である、偏角に構成したことを特徴とする光導波路型半導体レーザ装置。

【請求項2】 前記偏角を、前記発振レーザ光の前記端面における、横1次モードを含む横高次モードの少なくともひとつのモードの反射効率が0になる角度としたことを特徴とする請求項1記載の光導波路型半導体レーザ装置。

【請求項3】 前記光導波路を、前記光導波路の載った平面が前記両端面の少なくともいずれか一方に垂直な構成としたことを特徴とする請求項1または2記載の光導波路型半導体レーザ装置。

【請求項4】 前記光導波路を、前記光導波路に垂直な平面が前記両端面の少なくともいずれか一方に垂直な構成としたことを特徴とする請求項1または2記載の光導波路型半導体レーザ装置。

【請求項5】 前記光導波路が屈曲角を有する少なくとも1個の屈曲部を備えて構成され、かつ前記屈曲角は、発振レーザ光の前記屈曲部における横基本モードの伝播効率が、少なくとも横1次モードを含む横高次モードの伝播効率よりも大である角度に構成されたことを特徴とする請求項1、2、3または4記載の光導波路型半導体レーザ装置。

【請求項6】 前記屈曲部における発振レーザ光の、横一次モードを含む横高次モードの少なくとも一つの横モードの伝播効率が0となる角度で前記屈曲角が形成されたことを特徴とする請求項5記載の光導波路型半導体レーザ装置。

【請求項7】 半導体レーザ装置を構成するペレット中にストライプ状の光導波路を備え、前記光導波路の両端に接する前記ペレット両端面により共振器が構成され、かつ前記光導波路の軸が前記両端面に鉛直に構成された端面発光構成の光導波路型半導体レーザ装置であって、前記光導波路が屈曲角を有する少なくとも1個の屈曲部を備えて構成され、かつ前記屈曲角は、発振レーザ光の前記屈曲部における横基本モードの伝播効率が、少なくとも横1次モードを含む横高次モードの伝播効率よりも大である角度に構成されたことを特徴とする光導波路型半導体レーザ装置。

【請求項8】 前記屈曲部における発振レーザ光の、横一次モードを含む横高次モードの少なくとも一つの横モ

ードの伝播効率が0となる角度で前記屈曲角が形成されたことを特徴とする請求項7記載の光導波路型半導体レーザ装置。

【請求項9】 前記光導波路のストライプ幅は、シングルモード条件を成立させる幅を超えるストライプ幅に形成されたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7または8記載の光導波路型半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光導波路型半導体レーザ装置に関し、とりわけ横基本モードのレーザ光を選択的に発振可能な光導波路構造および端面構造を備える光導波路型半導体レーザ装置に関する。特に、傾斜端面を備え、横基本モードのレーザ光を選択的に発振させる光導波路型半導体レーザ装置と、屈曲導波路を備え、横基本モードのレーザ光を選択的に発振させる光導波路型半導体レーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】コンパクトディスク用光源等、半導体レーザ装置の多くの利用分野においては、光ビームが単一の円あるいは楕円で出力されるような、対称性や単峰性が確保されることが望ましく、従ってレーザ光の横モードが基本モードの単一発振によるか、あるいは基本モードが支配的である特性が求められる。そこで従来の半導体レーザ装置は、基本モード優位あるいは基本モード支配を実現するため、活性層の面に平行な方向に電流を封じ込めるべく、活性層に狭い幅のストライプ状の光導波路を備える構成となっている。

【0003】図19は、このような従来の光導波路型半導体レーザ装置の構成を示す模式斜視図である。同図において、端面発光構成の光導波路型半導体レーザ装置201のペレット201Aは、上下のクラッド層203、204ならびにこれらクラッド層203、204に挟まれた活性層205から成る。活性層205中には、ストライプ状の光導波路206を備え、この光導波路206の両端に接するペレット201Aの鏡面状の両端面202A、202Bにより構成される共振器とともに、利得導波型(gain guide型)の半導体レーザ装置を構成している。

【0004】光導波路206の軸206aは、両端面202A、202Bに鉛直に構成されており、よって図20の模式上面図に示されるように、光導波路206は鏡面状の両端面202A、202Bに直角に形成される。

【0005】ここでストライプ状の光導波路206の幅W201は、注入電流がこの狭いストライプに集中して、電子と正孔が再結合することにより発光する構成となっている。

【0006】従来技術においては、高次横モードのレーザ発振を抑制する方法として、光導波路のシングルモード化の他、高次モードに対する選択的な損失を伴う光導

波路の形成などが試みられていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術においては、たとえ基本モード単一の発振を前提に設計された半導体レーザ装置であっても、光出力を増加させるために駆動電流を増大させると、活性層中のキャリア密度の変化等によって、利得や屈折率分布に大きな変化が発生し、これにより基本モード以外にも、従来抑制されていた1次モードをはじめとする高次横モードでのレーザ発振が起こるという問題が生じていた。

【0008】そしてこれら高次横モードの発振に伴い、半導体レーザ装置が発生させるレーザ光の近視野像は、導波路の中心に対して非対称な分布を持つようになり、あるいは単峰性が失われて二つのピークを有するという、好ましくない状態となる欠点があった。さらに、レーザ光の遠視野像も非対称性や単峰性の乱れを生じ、よって実用上に重大な支障をきたす問題となっていた。

【0009】さらに、光導波路がシングルモード化された構成においては、光の場を狭い範囲に閉じ込める結果、レーザを高出力化する際に、端面での光密度が上昇して光損傷が発生するという問題があり、半導体レーザ装置の高出力化への課題となっていた。また、高次モードに対する選択的な損失を伴う光導波路は、レーザ全体の損失が大になるという欠点があり、やはり高出力化を行う上で問題となっていた。同様な好ましくない現象は、エルビウム添加による光導波路型レーザ装置においても発生していた。

【0010】本発明は従来技術の前記のような課題や欠点を解決するためのなされたもので、その目的は、横基本モードの発振レーザ光を支配的とするとともに、レーザの横基本モード発振を保つ光導波路幅の条件を緩和させることにより、光導波路内の光密度を低減し、もって高出力動作時の光損傷耐性が改善された光導波路型半導体レーザ装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決するために、本発明者は反射端面における発振レーザ光の各横モードの光結合効率が、角度によって差を生じること、さらに光導波路内における発振レーザ光の各横モードの光伝播効率が、角度によって差を生じることに着目して、本発明を構成した。

【0012】すなわち、本発明に係る光導波路型半導体レーザ装置は、半導体レーザ装置を構成するペレット1A中にストライプ状の光導波路6を備え、前記光導波路6の両端に接する前記ペレット両端面2A、2Bにより共振器が構成された端面発光構成の光導波路型半導体レーザ装置1において、前記光導波路6の軸と前記各端面の法線とがなす各角度のうち少なくとも一方を、発振レーザ光の前記各端面における、少なくとも横基本モードの反射効率が横1次モードを含む横高次モードの反射効

率よりも大である偏角に構成したことを特徴とする。

【0013】前記構成によれば、発振レーザ光の高次横モードの損失が選択的に増大し、横基本モードの発振レーザ光が優位となる。

【0014】また、前記偏角が、発振レーザ光の各端面における、横1次モードを含む横高次モードの少なくともひとつのモードの反射効率を0にする角度とされた場合は、横基本モードの発振レーザ光が支配的となる。

10 【0015】さらに前記光導波路が、光導波路の載った平面が両端面の少なくともいずれか一方に垂直な構成とされた場合は、横基本モードの発振レーザ光が優位となるとともに、水平方向に平行な出力レーザ光が発射される。

【0016】さらに前記光導波路を、光導波路に垂直な平面が両端面の少なくともいずれか一方に垂直な構成である場合は、横基本モードの発振レーザ光が優位となるとともに、水平方向から所定の角度だけ立ち上がる出力レーザ光が発射される。

20 【0017】さらに、前記光導波路が屈曲角を有する少なくとも1個の屈曲部を備えて構成され、かつ屈曲角は、発振レーザ光の屈曲部における横基本モードの伝播効率が、少なくとも横1次モードを含む横高次モードの伝播効率よりも大である角度に構成された場合は、前記の端面における選択的反射効率の効果に加え、光導波路内の屈曲部における選択的伝播効率の効果が作用して、より横基本モードが優位な発振レーザ光が出力される。

30 【0018】また、前記屈曲部における発振レーザ光の、横一次モードを含む横高次モードの少なくとも一つの横モードの伝播効率が0となる角度で前記屈曲角が形成された場合は、さらに横基本モードが優位な発振レーザ光が出力される。

40 【0019】つぎに、本発明に係る光導波路型半導体レーザ装置は、半導体レーザ装置を構成するペレット中にストライプ状の光導波路を備え、前記光導波路の両端に接する前記ペレット両端面により共振器が構成され、かつ前記光導波路の軸が前記両端面に鉛直に構成された端面発光構成の光導波路型半導体レーザ装置であって、前記光導波路が屈曲角を有する少なくとも1個の屈曲部を備えて構成され、かつ前記屈曲角は、発振レーザ光の前記屈曲部における横基本モードの伝播効率が、少なくとも横1次モードを含む横高次モードの伝播効率よりも大である角度に構成されたことを特徴とする。

【0020】前記構成によれば、光導波路内の屈曲部で伝播効率の低い横高次モードが減衰して横基本モード優位となり、こうした特性の発振レーザ光が端面から鉛直に出力される。

50 【0021】前記で、屈曲部における発振レーザ光の、横一次モードを含む横高次モードの少なくとも一つの伝播効率が0となる角度で屈曲角が形成された場合は、光導波路内の屈曲部で少なくとも一つの横高次モードが消



減して横基本モード支配あるいは単一横基本モードとなり、こうした特性の発振レーザ光が端面から鉛直に出力される。

【0022】前記の光導波路のストライプ幅が、シングルモード条件を成立させる幅を超えるストライプ幅に形成された場合は、横基本モード優位あるいは単一横基本モードで、かつ高出力の発振レーザ光の発生を可能にする。

【0023】前述のように、本発明に係る光導波路型半導体レーザ装置によれば、横基本モードにおけるレーザ共振器の利得と、横高次モードにおけるレーザ共振器の利得との差が拡大し、よって横基本モードの横高次モードに対する利得優位性が増して、横基本モードが支配的あるいは優位なレーザ発振が発生する。

【0024】さらにこの作用は、導波路幅がシングルモード条件を越えた幅広の導波路の場合においても成り立つ。この結果、導波路幅を拡大することで端面での光密度が低下し、高出力動作時における端面劣化などの光損傷が防止されるという作用を有する。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照し、本発明の実施例について説明する。図1は、本発明に係る光導波路型半導体レーザの第1実施形態の模式斜視図である。また図2は、その模式上面図である。図1において、端面発光構成の光導波路型半導体レーザ装置1は利得導波型（gain guide型）の半導体レーザ装置であり、そのペレット1Aは、上下のクラッド層3、4ならびにこれらクラッド層3、4に挟まれた活性層5から成る。

【0026】活性層5中には、ストライプ状の光導波路6が、この光導波路6の両端に接する鏡面状の両端面2A、2Bと角度θを形成して設けられている。すなわち、光導波路6の載った平面上で、光導波路6の軸6aと両端面2A、2Bの法線2Ap、2Bpとの成す角度（偏角）が夫々θとなるよう構成されている。また両端面2A、2Bは鏡面状に構成され、共振器を構成している。

【0027】したがって本実施形態では、両端面2A、2Bが平行であり、これら両端面2A、2Bに垂直な平面上に光導波路6が、両端面2A、2Bの法線2Ap、2Bpと夫々偏角θを張って形成されている。偏角θは、後述するように0<θ<θ2の範囲の角度とし、さらに好ましくはθ=θ1である。

【0028】また図2の模式上面図に示される、光導波路6のストライプ幅W1は、シングルモード条件に適う幅（例えば前記図20中のW201）よりも広く構成され、大電流による駆動に適した構成となっている。

【0029】図3は、光導波路中のレーザ光の基本モードと1次モードの近似電界プロファイルの例を示す線図であり、また図4は基本モードと1次モードの端面偏角とエネルギー反射効率の関係を示す線図である。以下、図3および図4に基づいて、本発明に係る光導波路型半導体レーザ装置の偏角の構成について説明する。

【0030】通常の半導体レーザにおいては、例えば前記図20のように端面法線と光導波路の成す角度は0度（端面と光導波路の成す角度は90度）であり、このとき半導体レーザ端面により反射され、再び光導波路に結合する（逆方向に戻る）エネルギー反射率は、光導波路のない場合における端面でのエネルギー反射率Rと等しくなる。

【0031】しかし図1及び図2に示すように、半導体レーザ1の光導波路6を半導体レーザ端面2A（または2B）の法線2Ap（または2Bp）に対して偏角θをもって形成することによって、端面2A（または2B）により反射され再び光導波路6に結合する（逆方向に戻る）光量は、偏角θと光導波路6を伝播する光のモード次数により変化する。

【0032】このときのエネルギー反射率をC、また光導波路の導波横モードの電界分布関数をf（x、y）とすると、エネルギー反射率Cは、偏角θをもつ端面でのエネルギー反射率を規定した数1によって算出される。

【0033】

【数1】

$$C=R \frac{\left| \int \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) f^*(x,y) e^{-2iy \tan \theta} dx dy \right|^2}{\int \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) f^*(x,y) dx dy}$$

【0034】またこの数1は、後述する、屈曲角を有する屈曲部を備える光導波路のエネルギー伝播効率をも規定している。

【0035】ここで、光導波路の導波横モードの電界分布関数f（x、y）のうち、基本モードf0をガウス分

布g（x）とし、1次モードf1をガウス分布の合成g（x）－g（x－xt）により近似すると、基本モードf0と1次モードf1の電界分布は図3に示すようになる。

【0036】このような電界分布の基本モードf0と1

次モード  $f_1$  の、偏角  $\theta$  に対するエネルギー結合効率 ( $*R$ ) を数1により計算すると、図4に示されるような、端面偏角によるパワー再結合効率のモード次数依存性が明らかな線図が得られる。

【0037】図4によれば、端面偏角が1度より大きい、 $\theta_2$  以上の領域で、1次モード  $f_1$  の再結合効率が基本モード  $f_0$  の再結合効率を上回る。すなわち一般的には、偏角の大きい領域で基本モードの再結合効率は、非対称の電界パターンを持つモードの再結合効率を下回る傾向にある。これは定性的には1次モードの左右の山の間に、偏角によって往復で  $2\pi$  の差が生じて端面結合効率の極大値が現われるものとして理解できる。

【0038】そして図4の結果は、端面偏角が半導体レーザー装置のシングルモード特性を改善する因子となることを示している。すなわち、端面偏角が  $0 < \theta < \theta_2$  の範囲においては、基本モード  $f_0$  の再結合効率（反射効率）が1次モードの再結合効率を上回り、とりわけ端面偏角  $\theta_1$ （0.8度近傍）において、1次モードの再結合効率がほぼ0になっている。すなわち、 $\theta = \theta_1$  においては  $C = 0$  となり、1次モード  $f_1$  の端面での反射は完全に抑制され、従って1次モード  $f_1$  のレーザー発振も同様に抑制される。

【0039】従って、半導体レーザーの端面に恣意的に  $0 < \theta < \theta_2$  の範囲の偏角  $\theta$  を光導波路6に対して形成させることによって、半導体レーザー端面での1次モードの損失を基本モードよりも大とし、基本モードのレーザー光を選択的に増加させ、よって基本モード  $f_0$  が優位のシングルモード特性の半導体レーザー装置が実現可能となる。

【0040】とりわけ、端面に恣意的に、 $\theta = \theta_1$ （略0.8度）の偏角を持たせることによって、基本モード  $f_0$  支配の特性を備える半導体レーザー装置が実現可能となる。また、1次モード以外の高次モードに関しても数1は同様に成り立ち、端面に偏角をもたせることにより高次モードの端面損失を増大させ、基本モードのレーザー光を選択的に増加させることが可能となる。

【0041】本発明は、このような偏角の量により端面でのモード選択性に変化が現われる特性を利用して構成されたものである。

【0042】またさらに、偏角  $\theta$  による基本モード  $f_0$  選択特性は、光導波路6の幅  $W_1$  がシングルモード条件よりも十分広い場合においても成立する。したがって、レーザーの高出力化に伴う光導波路6の幅広化とそれに伴う高次モードの発生を抑制する機構として効果がある。

【0043】図5～図7は、本発明による光導波路型半導体レーザー製造方法の工程説明図である。先ず図5に示されるように、ウエーハの結晶方位（あるいはパー劈開面）21と直角方向に対して偏角  $\theta$  をもつ導波ストライプ20を形成させる。ついで図6に示されるように、ウエーハを劈開して半導体レーザーバー22とし、ペレタイ

ズ劈開面23にそって切断して、図7に示されるような、偏角をもった光導波路6を備える光導波路型半導体レーザーペレット1Aが製造される。

【0044】本発明による他の実施形態を、図8～図10に示す。図8は、第2実施形態の光導波路型半導体レーザー装置41の模式上面図である。端面と光導波路の関係が示され、両端面が平行に、光導波路46の軸に直角に偏角  $\theta$  だけ傾斜して形成される。

【0045】すなわち、本体内に水平かつ直線状に形成された光導波路46に対して、一方の端面（図中で左端面）42Aおよび他方の端面（図中で右端面）42Bが、それぞれ反時計方向に偏角  $\theta$  だけ傾斜して構成される。光導波路46は水平に形成されるから、端面42Aおよび端面42Bは光導波路46が載る平面に直角になっている。

【0046】前記のように構成された場合、光導波路46中を進行するレーザー光は、両端面42A、42Bにおいて反射し、反射光は再び光導波路46に光結合して、光導波路46中を戻って進行するが、この反射および光結合時に、端面でのエネルギー反射率が前記数1のように偏角  $\theta$  に依存するから、偏角  $\theta$  を前記の範囲内の値とすることで、基本モードに比して高次モード分が減少し、基本モード支配とすることができる。

【0047】図9は、本発明による第3実施形態の光導波路型半導体レーザー装置51の模式上面図であり、両端面52A、52Bが台形状に形成された構成例である。すなわち、本体内に水平に、かつ直線状に形成された光導波路56に対して、一方の端面52A（図中で左端面）が時計方向に偏角  $\theta$  だけ傾斜し、かつ他方の端面52B（図中で右端面）が反時計方向に偏角  $\theta$  だけ傾斜して構成されている。光導波路56は水平に形成されるから、端面52Aおよび端面52Bは光導波路56が載る平面に直角になっている。動作については前記第2実施形態と略同様であり、説明は省略される。

【0048】図10は、本発明による第4実施形態の光導波路型半導体レーザー装置61の模式上面図であり、両端面62A、62Bがそれぞれ異なる偏角を有して形成された構成例である。すなわち、本体内に水平に、かつ直線状に形成された光導波路66に対して、一方の端面62A（図中で左端面）が時計方向に偏角  $\theta_1$  だけ傾斜し、かつ他方の端面62B（図中で右端面）が反時計方向に偏角  $\theta_2$  だけ傾斜して構成されている。光導波路66は水平に形成されるから、端面62Aおよび端面62Bは光導波路66が載る平面に直角になっている。動作については、偏角が異なることによる反射効率の差異が生じる以外は、前記第2実施形態と略同様であり、よって説明は省略される。

【0049】図11は、本発明に係る光導波路型半導体レーザー装置の第5実施形態の模式斜視図である。図12はその模式上面図であり、さらに図13はその模式側面



図である。図11～図13で、端面発光構成の光導波路型半導体レーザ装置31は利得導波型(gain guide型)の半導体レーザ装置であり、上下のクラッド層33、34ならびにこれらクラッド層33、34に挟まれた活性層35から成る。

【0050】クラッド層34は、結晶面の方位が偏角 $\phi$ を有するオフ基板上に積層形成され、さらに活性層35、クラッド層33が形成され、この活性層35中に、ストライプ状の光導波路36が設けられている。この結果、へき開面により形成される端面32A、32Bは、光導波路36を含む平面より偏角 $\theta$ だけ傾いた面となる。したがって、光導波路36の軸36aは例えば端面32Aの法線32Apから偏角 $\theta$ だけ傾いた構成となる(図13参照)。

【0051】すなわち、ストライプ状の光導波路36は、この光導波路36の両端に接する鏡面状の両端面32A、32Bと偏角 $\theta$ を形成して設けられている。ここで偏角 $\theta$ は、 $0 < \theta < \theta_2$ ( $\theta_2$ は前記と同じ値)の範囲の角度とし、さらに好ましくは $\theta = \theta_1$ ( $\theta_1$ は前記と同じ値)に構成される。

【0052】前記のように構成された場合、光導波路36中を進行するレーザ光は、両端面32A、32Bにおいて反射し、反射光は再び光導波路36に光結合して、光導波路36中を戻って進行するが、この反射および光結合時に、端面でのエネルギー反射率が前記数1のように偏角 $\phi$ に依存する。実際の数1の計算は、式中の $\theta$ を $\phi$ に置換して実行される。

【0053】ここで、偏角 $\phi$ を前記偏角 $\theta$ で述べたと同じ範囲内の値とすることで、基本モードに比して高次モード分の減衰を大にでき、よって基本モード支配の特性とすることができる。

【0054】本実施形態による光導波路型半導体レーザ装置31は、端面の法線方向から角度 $\phi$ の仰角あるいは伏角でレーザ光が出力されるから、このような所定の角度による出力方向が要求される測定装置等の応用分野に好適となる。

【0055】なお、前記第1実施形態～第5実施形態は、端面が光導波路の載った平面に垂直であり、かつ光導波路に角度を有して構成されるか、あるいは端面を光導波路を含む平面に対して角度を有して構成されるものだけを述べたものである。すなわち、光導波路は水平な平面上で水平を維持しつつ左右に回動した状態の偏角を形成するか、あるいは端面を光導波路を含む面内にあり、かつ光導波路に垂直な軸を中心として回動した状態の偏角を形成するかの、いずれかであった。しかし、本発明はこれに限られることなく、左右上下に同時に、しかも前記条件内の任意の角度で構成させることが可能である。

【0056】つぎに、光導波路に、屈曲角を有する少なくとも1個の屈曲部を備えた構成による実施形態を説明

する。これらはいずれも、単純な構造の屈曲路によって、発振レーザ光の高次横モードの損失を選択的に増大させ、横基本モードの発振レーザ光を支配的とするものである。

【0057】まず図14は、第6実施形態の光導波路型半導体レーザ装置71の模式上面図であり、屈曲部77を持ち、かつ偏角 $\theta$ を有して端面に接する光導波路76A、76Bによる構成例である。すなわち、光導波路76Aは端面72Aの法線方向と偏角 $\theta$ だけ傾いて接し、また光導波路76Bは端面72Bの法線方向と偏角 $\theta$ だけ傾いて接し、さらに光導波路76A、76Bは屈曲部77により連結されている。この結果、屈曲角は $\theta$ となる。

【0058】発振レーザ光は、端面72A、72Bでの反射・再結合において前記数1で示される、モード毎の反射率で光導波路76A、76Bと再結合し、さらに、屈曲部77においても、屈曲・再結合において前記数1で示される( $R=1$ )効率でのエネルギー伝搬が起き、モード毎に異なる伝播効率で光導波路76A、76Bと再結合する。このように本実施形態は、端面における反射効率と、屈曲部における伝播効率の両方の効果を利用する構成となっている。

【0059】したがって、偏角 $\theta$ を前記のように横基本モード優位の範囲内の角度にし、さらに屈曲角 $\theta$ を、発振レーザ光の屈曲部における横基本モードの伝播効率が少なくとも横1次モードを含む横高次モードの伝播効率よりも大になる角度にすることによって、横基本モード優位とすることができる。また、とりわけ屈曲部における発振レーザ光の、横一次モードを含む横高次モードの少なくとも一つの横モードの伝播効率が0となる角度で、屈曲角を形成させることにより、基本モードのレーザ発振をさらに支配的にすることが可能となる。

【0060】図15は、本発明の第7実施形態による光導波路型半導体レーザ装置81の模式上面図であり、多重の屈曲部87A～87Cを備え、かつ偏角 $\theta$ を有して端面に接する光導波路86による構成例である。光導波路86は端面82Aの法線方向ならびに端面82Bの法線方向と偏角 $\theta$ だけ傾いて接し、さらに屈曲部87A～87Cを備える。ここで屈曲角は、偏角と同じ $\theta$ である。

【0061】発振レーザ光は、端面82A、82Bでの反射・再結合において前記数1で示される、モード毎の反射率で光導波路86と再結合し、さらに、各屈曲部87A～87Cにおいても、屈曲・再結合において前記数1で示される( $R=1$ )効率でのエネルギー伝搬が起き、モード毎に異なる伝播効率で光導波路86と再結合する。このように本実施形態においても、前記実施形態と同様、端面における反射効率と、屈曲部における伝播効率の両方の効果を利用する構成となっている。なお動作と効果は前記実施形態と略同様であり、説明は省略さ

れる。

【0062】図16は、本発明の第8実施形態による光導波路型半導体レーザ装置91の模式上面図であり、屈曲部94を持った光導波路93による構成例である。本実施形態は、前記第6実施形態の光導波路型半導体レーザ装置（図14）の構成で、端面に接する偏角を0とした他は、前記第6実施形態と同じである。すなわち、光導波路93は端面92Aおよび端面92Bに鉛直に接し、さらに屈曲部94を有して構成される。屈曲角は $\theta$ となる。

【0063】発振レーザ光は、端面92A、92Bでの反射・再結合ではモード選択の効果が無いが、屈曲部94においては、屈曲・再結合において前記数1で示される（ $R=1$ ）効率でのエネルギー伝搬が起き、モード毎に異なる伝播効率での再結合が成立する。このように本実施形態は、屈曲部94における伝播効率の差を利用する構成となっている。本実施形態によれば、レーザ光は端面の法線方向に出力されるから、レーザ装置の組立工程が簡素化される。

【0064】図17は、本発明の第9実施形態による光導波路型半導体レーザ装置95の模式上面図であり、2個の屈曲部97を持った光導波路96による構成例である。光導波路96は端面95Aおよび端面95Bに鉛直に接し、さらに屈曲角が $2\theta$ である2個の屈曲部97を有して構成される。

【0065】発振レーザ光は、端面95A、95Bでの反射・再結合ではモード選択の効果が無いが、屈曲部97においては、屈曲・再結合において前記数1で示される（ $R=1$ ）効率でのエネルギー伝搬が起き、モード毎に異なる伝播効率での再結合が成立する。

【0066】図18は、本発明の第10実施形態による光導波路型半導体レーザ装置101の模式上面図であり、屈曲部107を持った光導波路106による構成例である。本実施形態は、前記第7実施形態の光導波路型半導体レーザ装置（図15）の構成で、端面に接する偏角を0とした他は、前記第7実施形態と同じである。すなわち、光導波路106は端面102Aおよび端面102Bに鉛直に接し、さらに屈曲部107を有して構成される。屈曲角は $\theta$ となる。

【0067】発振レーザ光は、端面102A、102Bでの反射・再結合ではモード選択の効果が無いが、屈曲部107においては、屈曲・再結合において前記数1で示される（ $R=1$ ）効率でのエネルギー伝搬が起き、モード毎に異なる伝播効率での再結合が成立する。このように本実施形態は、屈曲部107における伝播効率の差の効果をj利用する構成となっている。本実施形態によれば、レーザ光は端面の法線方向に出力されるから、レーザ装置の組立工程を簡素化できる。

【0068】さらに、前記の各実施形態について、基本モードによる発振が支配的な条件で同時に光導波路の幅

を広幅化することにより、端面での光密度を低減させて、高出力動作時の光損傷耐性を改善させることが可能である。

【0069】前記のように、本発明は光導波路型半導体レーザの端面を光導波路に対して一定角度をもって形成するか、あるいは光導波路に屈曲部を設けるという単純な構造によって、高次横モードに対する光導波路型半導体レーザの損失を選択的に増大させ、光導波路型半導体レーザの基本モードでの支配的な発振を行わせると同時に、基本モードでの支配的な発振を保持した状態で光導波路幅を広幅化することにより、端面での光密度を低減して高出力動作時の光損傷耐性を改善するものである。

【0070】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明の請求項1に係る光導波路型半導体レーザ装置は、従来の光導波路型半導体レーザのように光導波路に対して直交した面に端面を形成するのではなく、基本モード以外の高次の横モードに対する端面での反射効率が低減するような偏角をもつように端面を形成するものであるから、基本モードのレーザ発振を支配的にすることが可能となる。

【0071】また、請求項2に係る光導波路型半導体レーザ装置は、前記偏角を、発振レーザ光の各端面における、横1次モードを含む横高次モードの少なくともひとつのモードの反射効率が0になる角度とするものであるから、レーザ発振を横基本モードに単一化することが可能となる。

【0072】また、請求項3に係る光導波路型半導体レーザ装置は、前記光導波路を、少なくとも一方の端面と偏角を有して構成するとともに、かつ光導波路の載った平面が両端面の少なくともいずれか一方に垂直な構成とするものであるから、端面による基本モードの選択的電界結合効果を実現しつつ、しかもレーザ光が水平に発射され、よってペレット組み付け時のアラインメント加工を容易にすることができる。

【0073】また、請求項4に係る光導波路型半導体レーザ装置は、前記光導波路を、光導波路に垂直な平面が両端面の少なくともいずれか一方に垂直な構成とするものであるから、端面による基本モードの選択的電界結合効果を実現しつつ、しかもレーザ光が水平から角度を有して発射される。よってレーザ光を水平から所定の角度で発射させる機器の組立時のペレット組み付け加工を容易にすることができ、かつ高精度の角度制御が容易にできるという効果がある。

【0074】また、請求項5に係る光導波路型半導体レーザ装置は、前記光導波路が屈曲角を有する少なくとも1個の屈曲部を備えて構成され、かつ前記屈曲角は、発振レーザ光の前記屈曲部における横基本モードの伝播効率が、少なくとも横1次モードを含む横高次モードの伝播効率よりも大である角度に構成するものであるから、ストライプ状の光導波路に屈曲部を設ける工程のみで、

10

20

30

40

50



基本モード優位の半導体レーザ装置の製造が可能となる。よって端面加工が容易になり、低コストの半導体レーザ装置を実現できるという効果がある。

【0075】さらに請求項6に係る光導波路型半導体レーザ装置は、前記光導波路が屈曲角を有する少なくとも1個の屈曲部を備えて構成され、かつ屈曲角は、屈曲部における発振レーザ光の、横一次モードを含む横高次モードの少なくとも一つの横モードの伝播効率が0となる角度で形成されるものであるから、ストライプ状の光導波路に所定の屈曲角の屈曲部を設ける工程のみで、さら

に基本モード支配の特性の半導体レーザ装置の製造が可能となる。

【0076】また、請求項7に係る光導波路型半導体レーザ装置は、光導波路の軸が両端面に鉛直に構成され、さらに光導波路が屈曲角を有する少なくとも1個の屈曲部を備え、かつ屈曲角は、発振レーザ光の横基本モードの伝播効率が、少なくとも横1次モードを含む横高次モードの伝播効率よりも大である角度に構成するものであるから、ストライプ状の光導波路に屈曲部を設ける工程のみで、基本モード優位の半導体レーザ装置を製造でき、しかもレーザ光が端面から鉛直に発射されるから、ペレット組み付け時のアラインメント加工が容易になる。

【0077】さらに請求項8に係る光導波路型半導体レーザ装置は、前記屈曲部における発振レーザ光の、横一次モードを含む横高次モードの少なくとも一つの横モードの伝播効率が0となる角度で屈曲角を形成させるものであるから、ストライプ状の光導波路に屈曲部を設ける工程のみで、さらに基本モード支配の半導体レーザ装置の製造が可能になり、しかもレーザ光が端面から鉛直に発射されるから、ペレット組み付け時のアラインメント加工が容易になるという効果がある。

【0078】さらに請求項9に係る光導波路型半導体レーザ装置は、光導波路のストライプ幅を、シングルモード条件を成立させる幅を超える広い幅に形成するものであるから、高出力用幅広光導波路においても基本モードに対して高次モード損失を選択的に増大させて基本モードの選択発振を行うことが可能となる。このように、幅広光導波路を用いることで、光導波路型半導体レーザの高出力化と基本横モード優位の発振を両立させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光導波路型半導体レーザ装置の第1実施形態の模式斜視図である。

【図2】図1に示す光導波路型半導体レーザ装置の構成を示す模式上面図である。

【図3】光導波路中の基本モードと1次モードの近似電界プロファイル例の線図である。

【図4】光導波路中の基本モードと1次モードの端面偏角とエネルギー反射率の例の線図である。

【図5】本発明による光導波路型半導体レーザ製造方法の一工程の説明図である。

【図6】本発明による光導波路型半導体レーザ製造方法の一工程の説明図である。

【図7】本発明による光導波路型半導体レーザ製造方法の一工程の説明図である。

【図8】本発明による光導波路型半導体レーザ装置の第2実施形態の模式上面図である。

【図9】本発明による光導波路型半導体レーザ装置の第3実施形態の模式上面図である。

【図10】本発明による光導波路型半導体レーザ装置の第4実施形態の模式上面図である。

【図11】本発明に係る光導波路型半導体レーザ装置の第5実施形態の模式斜視図である。

【図12】図11に示す光導波路型半導体レーザ装置の構成を示す模式上面図である。

【図13】図11に示す光導波路型半導体レーザ装置の構成を示す模式側面図である。

【図14】本発明による光導波路型半導体レーザ装置の第6実施形態の模式上面図である。

【図15】本発明による光導波路型半導体レーザ装置の第7実施形態の模式上面図である。

【図16】本発明による光導波路型半導体レーザ装置の第8実施形態の模式上面図である。

【図17】本発明による光導波路型半導体レーザ装置の第9実施形態の模式上面図である。

【図18】本発明による光導波路型半導体レーザ装置の第10実施形態の模式上面図である。

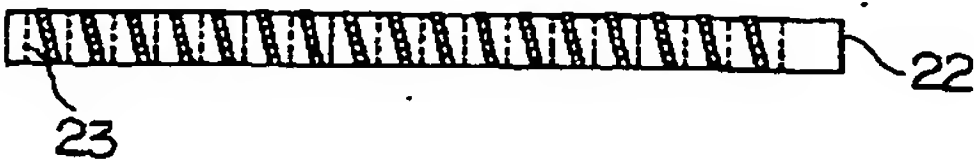
【図19】従来の光導波路型半導体レーザ装置の構成を示す模式斜視図である。

【図20】図19に示す光導波路型半導体レーザ装置の構成を示す模式上面図である。

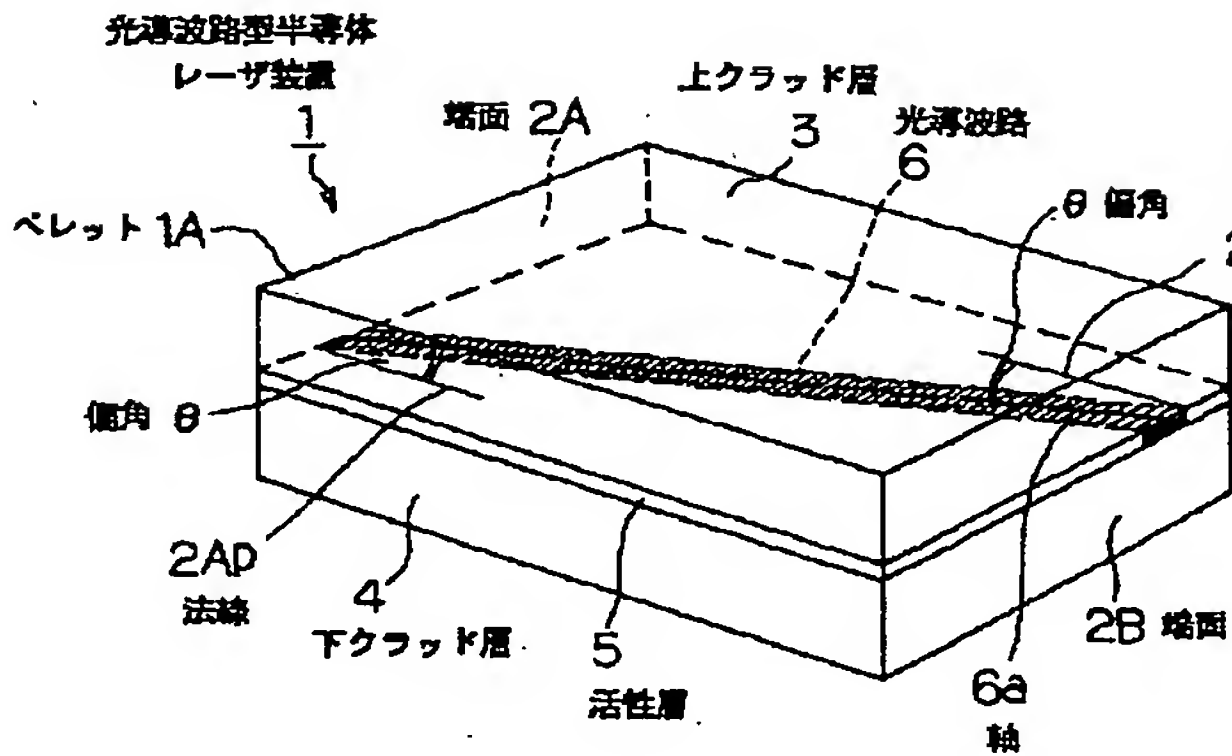
【符号の説明】

1……光導波路型半導体レーザ装置、1A……ペレット、2A、2B……端面、2Ap、2Bp……法線、3……上クラッド層、4……下クラッド層、5……活性層、6……光導波路、6a……軸、 $\theta$ ……半導体レーザ端面の法線と光導波路の軸が成す角度（偏角）。

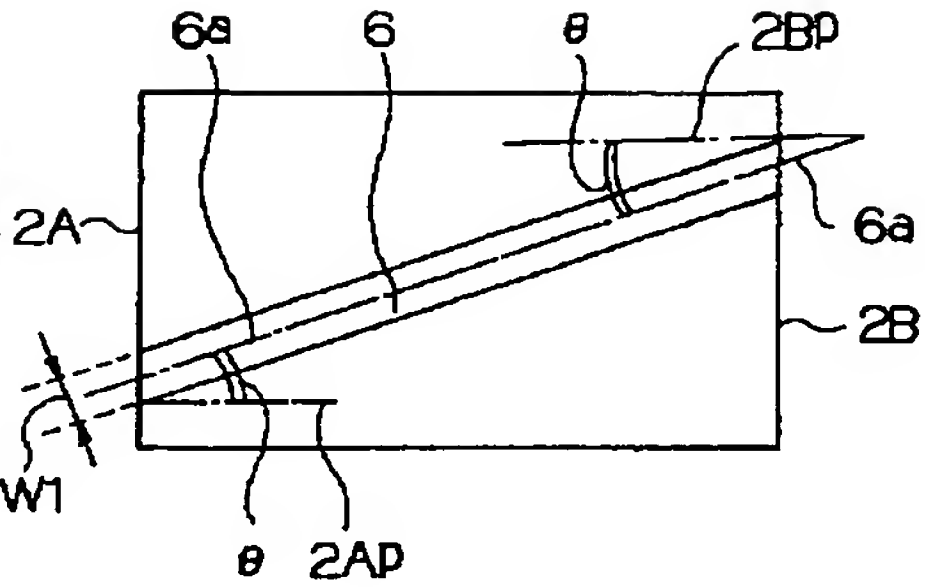
【図6】



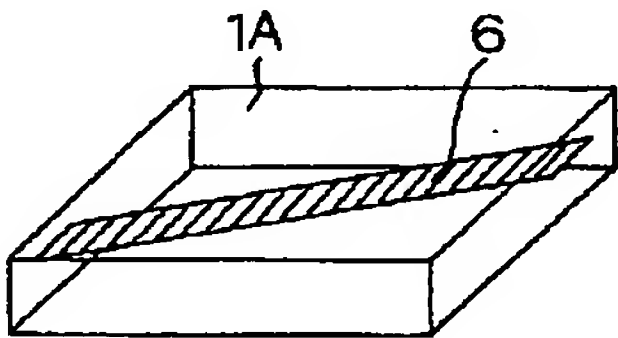
【図1】



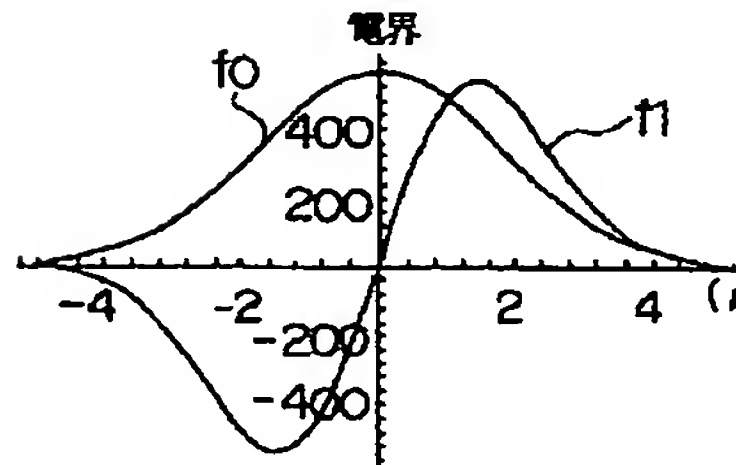
【図2】



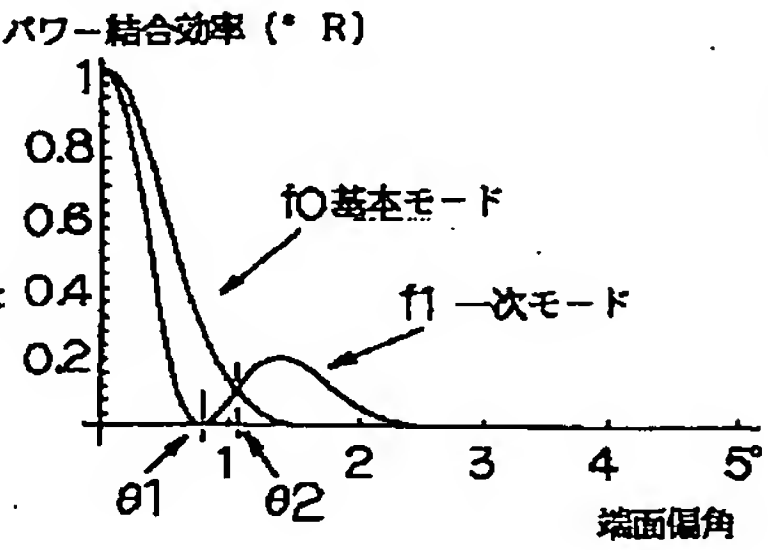
【図7】



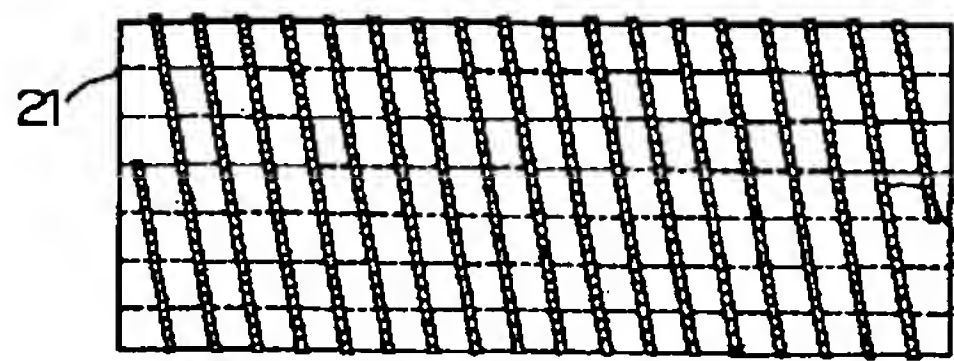
【図3】



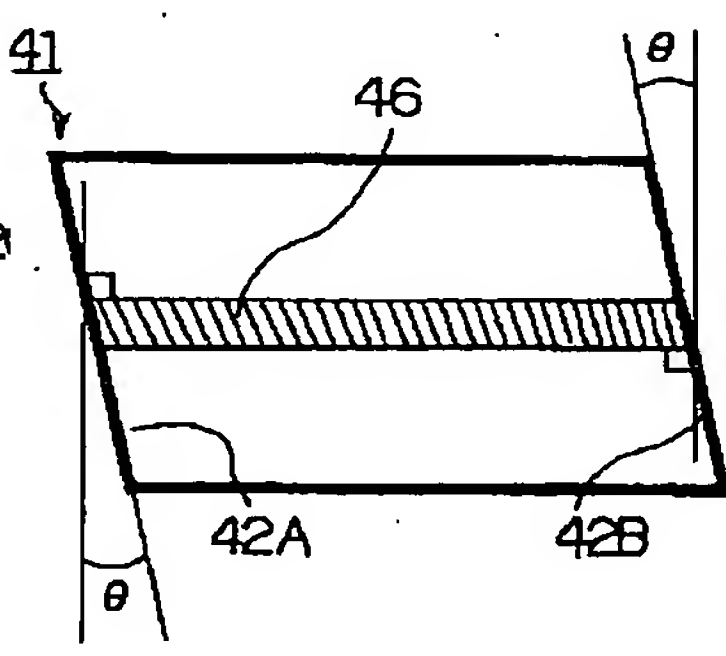
【図4】



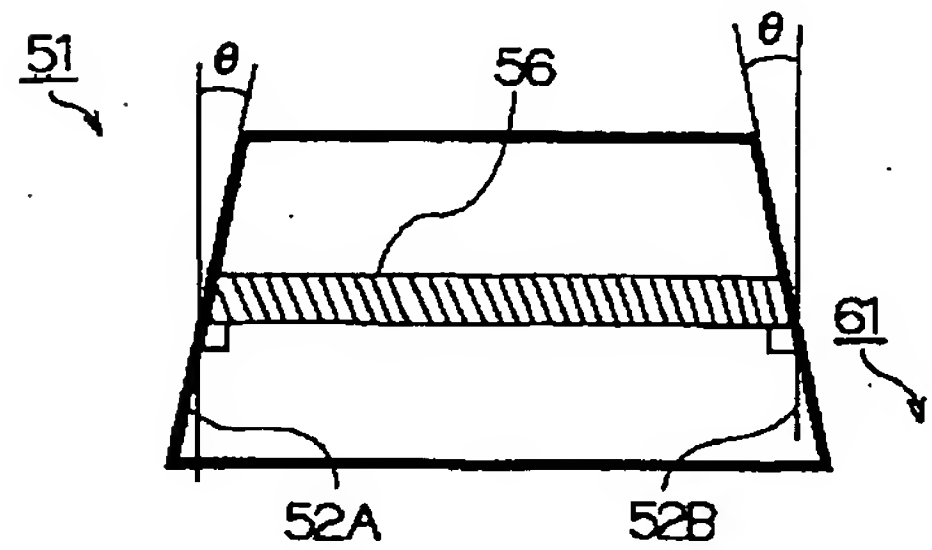
【図5】



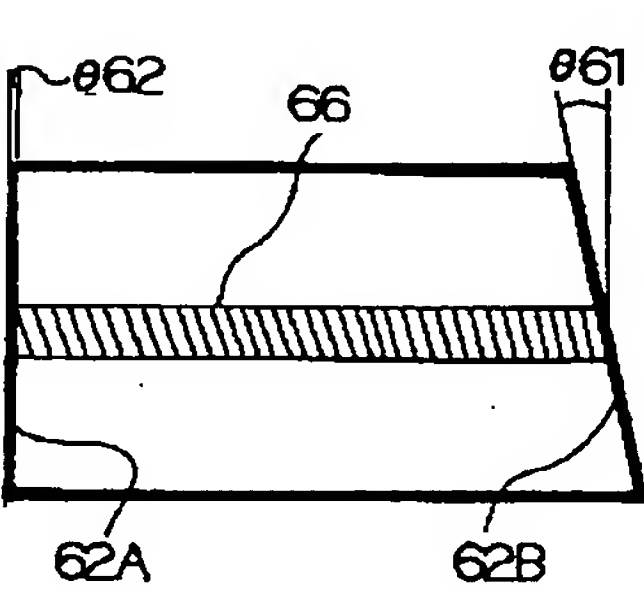
【図8】



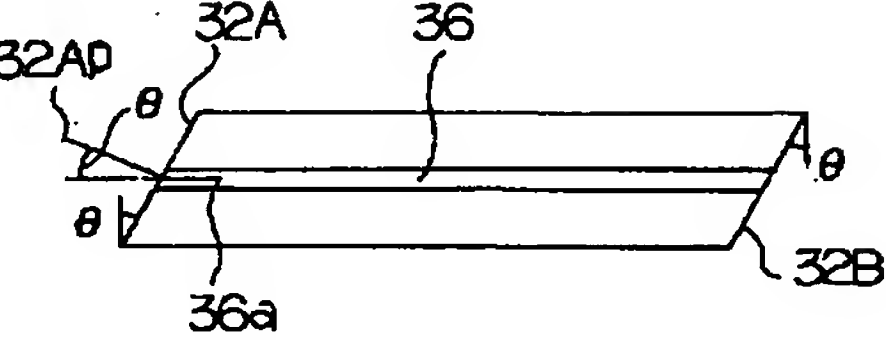
【図9】



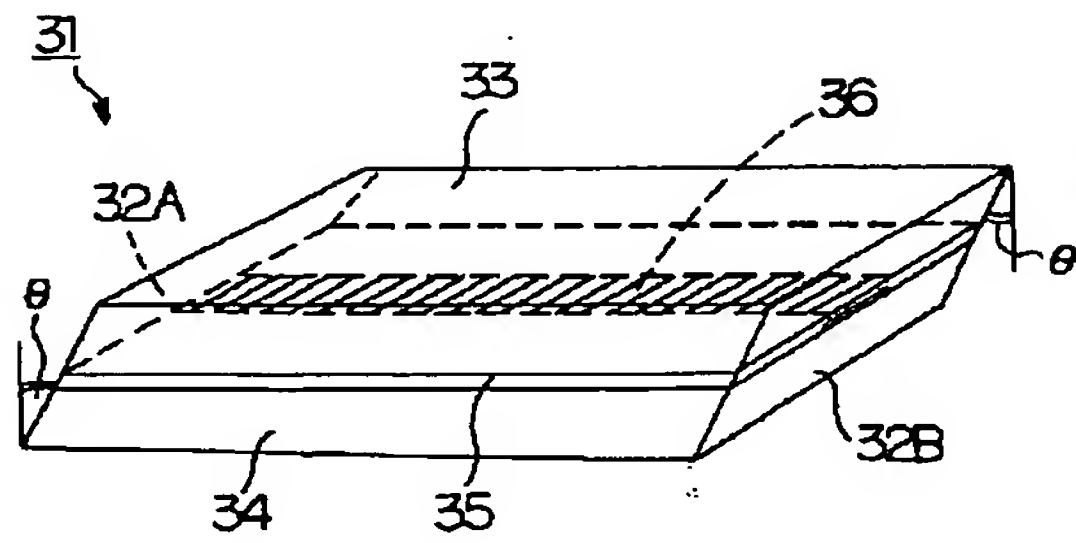
【図10】



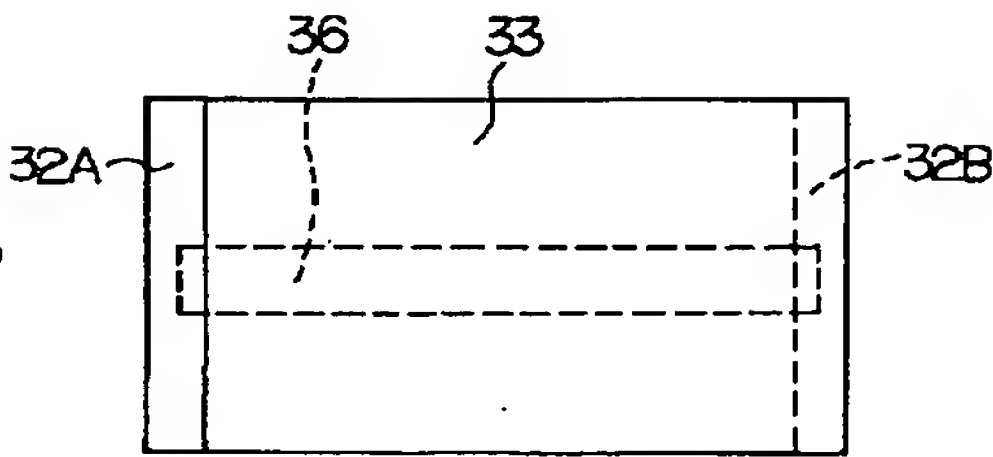
【図13】



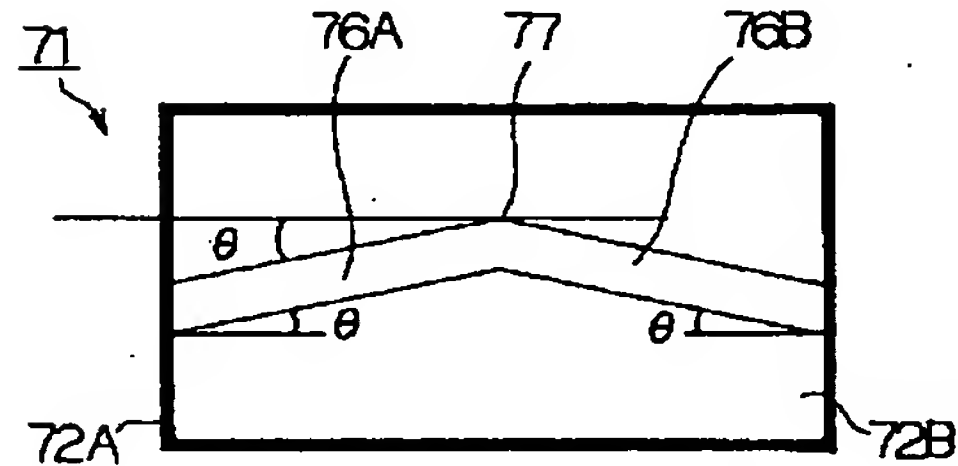
【図11】



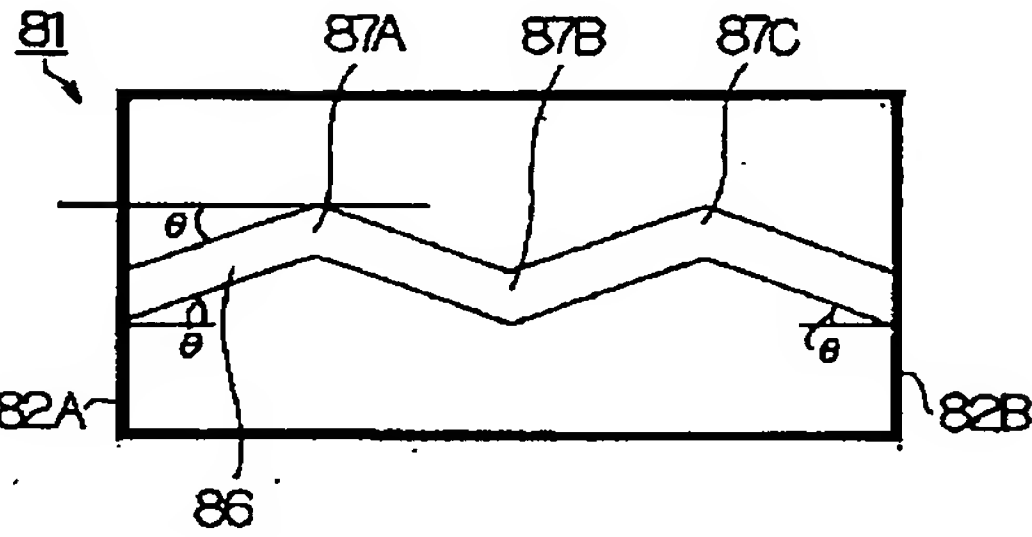
【図12】



【図14】



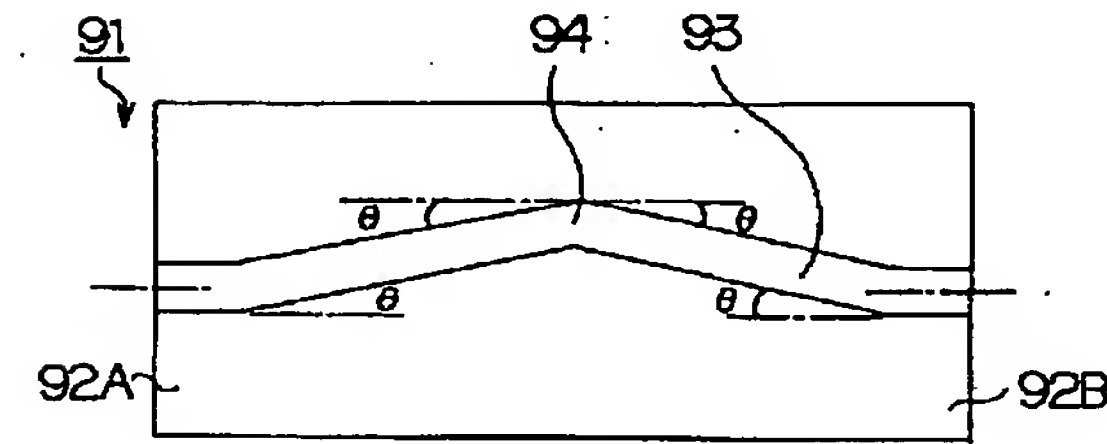
【図15】



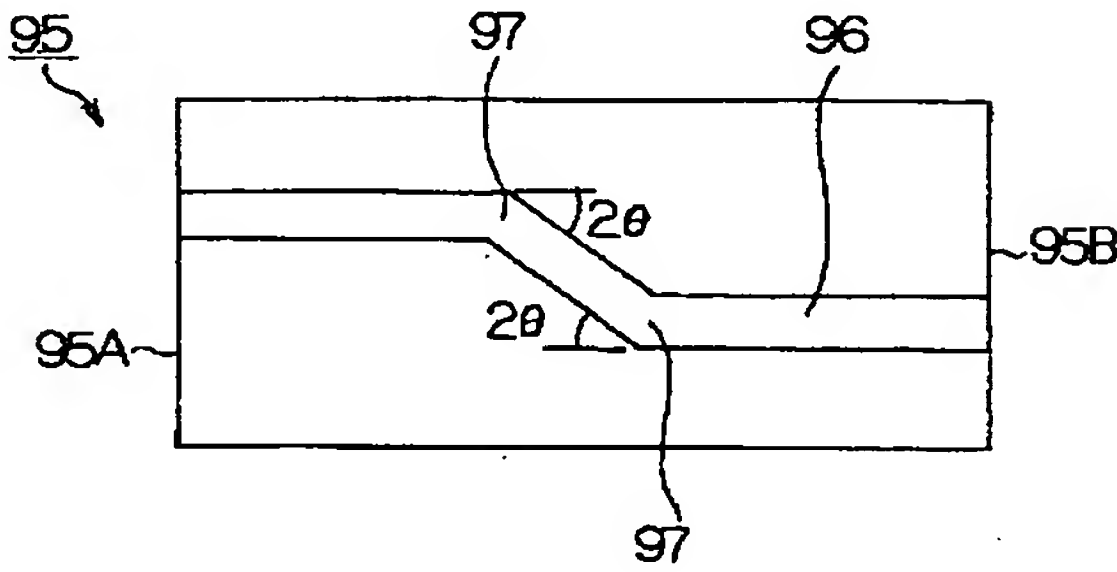
屈曲を持った光導波路によるレーザの構成例

多重屈曲を持った光導波路によるレーザの構成例

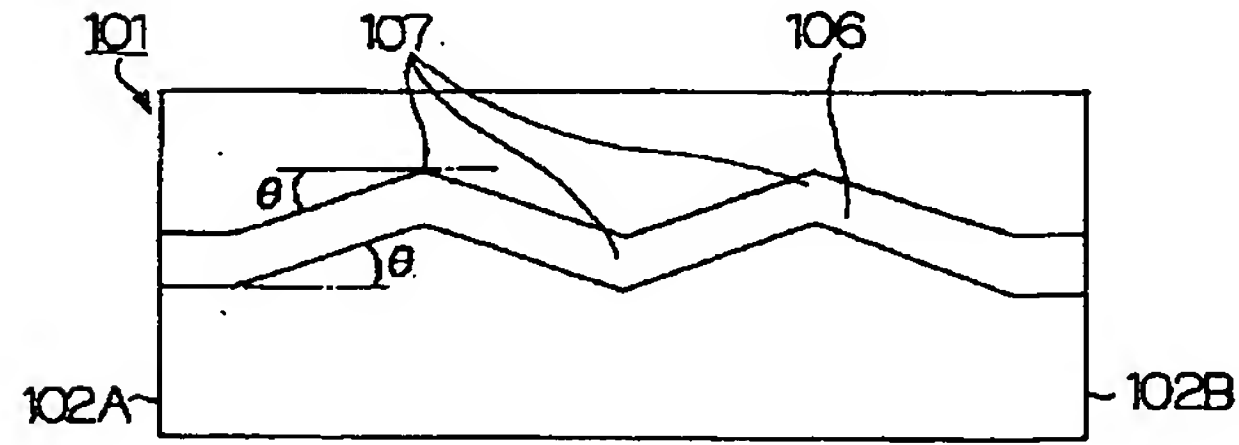
【図16】



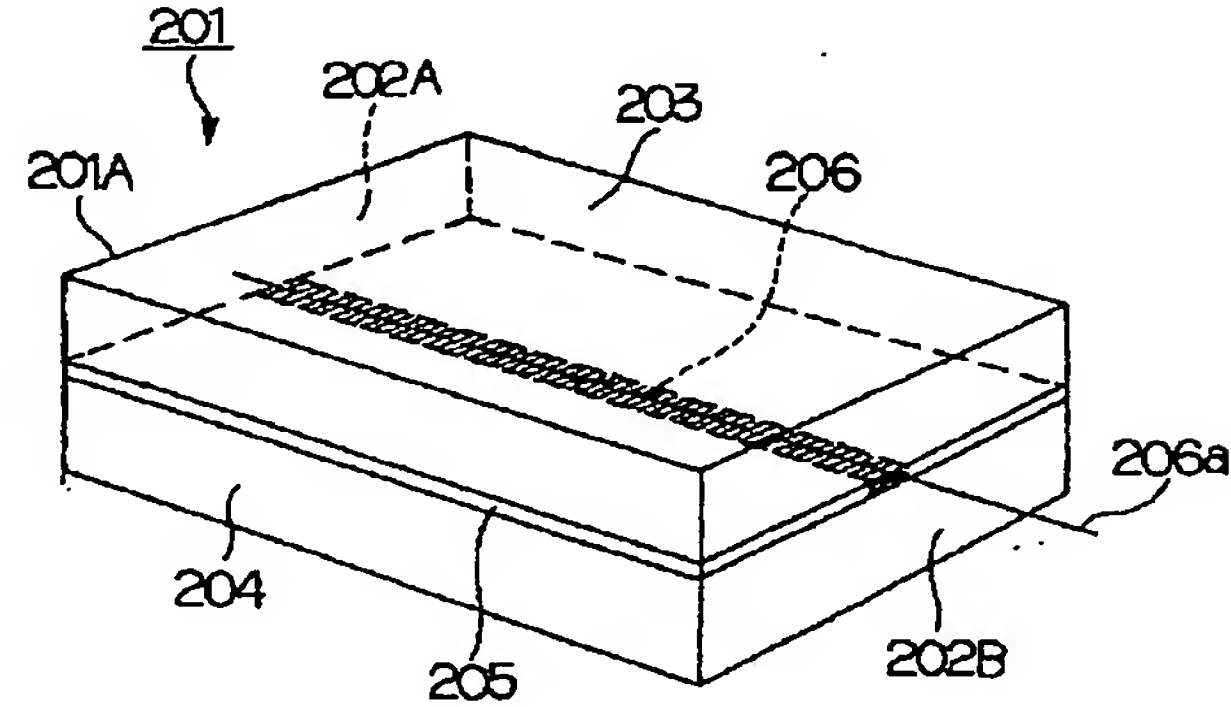
【図17】



【図18】



【図19】





【図 20】

